

# Comunicado 24

## Técnico

ISSN 1516-8638  
Jaguariúna, SP  
Dezembro, 2004

## Efeito do Lodo de Esgoto na Comunidade Microbiana e Atributos Químicos do Solo

Wagner Bettiol<sup>1</sup>  
Silvana Aparecida Pavan Fernandes<sup>2</sup>

### Introdução

O lodo de esgoto além de conter alto teor de matéria orgânica, que pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, possui quantidades apreciáveis de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, e, devido a estas características, pode ser usado como fonte desses elementos na agricultura (Melo et al., 2001). Entretanto, juntamente com o material orgânico e com os nutrientes disponíveis às plantas, o emprego de determinados lodos pode ser limitado pela presença de poluentes como metais pesados, compostos orgânicos persistentes e microrganismos patogênicos ao homem.

O lodo de esgoto, quando aplicado ao solo, causa alterações na estrutura e no funcionamento do agroecossistema, sendo a comunidade microbiana um dos componentes mais sensíveis, podendo ser utilizada como indicador da qualidade dos solos (Dick, 1994; Giller et al., 1998). A aplicação de lodo de esgoto pode tanto estimular, devido ao aumento de carbono e nutrientes disponíveis, como inibir, devido à presença de metais pesados e outros poluentes, a atividade microbiana do solo (Baath, 1989;

Pontes, 2002). Portanto, o comportamento da população microbiana depende da qualidade e da quantidade dos resíduos que estão sendo adicionados ao solo. Dessa forma, é indispensável em estudos sobre o uso agrícola do lodo de esgoto o conhecimento sobre as alterações nas comunidades e nas atividades microbianas do solo.

Alterações nas atividades microbianas dos solos podem ser determinadas por meio de análises, como biomassa microbiana, respiração, quociente metabólico e atividades enzimáticas do solo (Dick, 1994; Giller et al., 1998; Anderson & Domsch, 1990; Baath, 1989; Wardle, 1992; Brookes, 1995), ou da comunidade microbiana pela contagem dos organismos. Isto é possível, pois as alterações no solo proporcionadas pela adição de lodo poderão ocorrer de três formas: a) produzindo ação tóxica direta sobre os microrganismos; b) por meio de distúrbios funcionais, desnaturação de proteínas e destruição da integridade de membranas celulares, alterando as condições físicas e químicas do ambiente; e c) diminuindo a disponibilidade de substratos energéticos essenciais ao desenvolvimento dos microrganismos (Brookes & McGrath, 1984; Brookes, 1995).

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, Km 127,5 - Cx. Postal 69 Cep 13820-000 - Jaguariúna, SP. E-mail: [betliol@cnpma.embrapa.br](mailto:betliol@cnpma.embrapa.br)

<sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, Doutora em Energia Nuclear na Agricultura, Bolsista de Pós-Doutoramento da FAPESP. E-mail: [sapferna@terra.com.br](mailto:sapferna@terra.com.br)

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação a longo prazo e continuada do lodo de esgoto sobre o pH, condutividade elétrica do solo e na atividade microbiana, por meio da determinação da hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) e nas comunidades de *Bacillus*, de *Pseudomonas* fluorescentes e de fungos.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Meio Ambiente, em Latossolo Vermelho Distroférico (textura argilosa), cujas características físicas e químicas na camada de 0-20 cm, antes do início do estudo eram as seguintes: pH em água = 5,8; MO% = 2,55; P = 3,5 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,51; Ca = 27,5; Mg = 8,5; Al = 1; H = 35; CTC = 73,5 mmolc dm<sup>-3</sup>; V% = 50,8; e argila = 450 g kg<sup>-1</sup>.

Os estudos foram iniciados em janeiro de 1999 e foram feitas quatro aplicações de lodo de esgoto. A primeira aplicação de lodo foi realizada em março de 1999, a segunda em novembro de 1999, a terceira em outubro de 2000 e a quarta em outubro de 2001. Após a incorporação de lodo de esgoto foi realizado o cultivo de milho, sendo que no primeiro cultivo foi utilizada a variedade CATI AL 30, com semeadura realizada em 05/04/1999; no segundo cultivo o híbrido AG1043, com semeadura em 13/12/1999 e no terceiro e quarto cultivos o híbrido Savana 133S, com semeaduras em 30/10/2000 e em 05/11/2001, respectivamente.

Os tratamentos estudados foram: testemunha absoluta; fertilização mineral (NPK) recomendada para a cultura de milho; lodo de esgoto obtido na Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri, SP, que trata esgotos doméstico e industrial (Tabela 1), com base na concentração de nitrogênio para fornecer a mesma quantidade de N da fertilização mineral; e duas, quatro e oito vezes a dose de lodo de esgoto recomendada (Tabela 2). Quando necessário foi realizada complementação com potássio nos tratamentos com lodo de esgoto (Tabela 2). O lodo foi distribuído a lanço na área total das parcelas experimentais e incorporado a 20 cm de profundidade com auxílio de enxada rotativa. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, em outubro de 2000, em março de 2001, em outubro e novembro de 2001 e em março de 2002.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela apresentava a dimensão de 10 x 20m, perfazendo-se uma área de 200 m<sup>2</sup> cada. As parcelas foram separadas por bordaduras de pelo menos 5 m, com *Bracchiaria* mantida roçada, por todos os lados.

O pH foi determinado em água e a condutividade elétrica foi determinada fazendo-se leitura da mesma suspensão obtida para a determinação do pH em condutivímetro (Embrapa, 1979).

A determinação da atividade microbiana por meio da hidrólise de diacetato fluoresceína foi realizada de acordo com Ghini et al. (1999) e está baseada no princípio de estimar em espectrômetro a fluoresceína consumida após o tratamento e incubação das amostras de terra com diacetato de fluoresceína (Chen et al., 1988). Esse método determina a produção de enzimas como proteases, lipases e esterases por células microbianas viáveis.

As comunidades de *Bacillus*, *Pseudomonas* fluorescentes e fungos totais do solo foram determinadas pelo método de diluição em série, seguido de plaqueamento em meio de cultura. Para *Bacillus* foi utilizado o meio Nutriente Ágar, sendo que alíquotas (0,1 mL) das diluições 10<sup>-3</sup> e 10<sup>-4</sup>, de cada amostra de solo, foram previamente aquecidas em banho Maria a 85°C ± 2 por 15 minutos, resfriados à temperatura ambiente e então transferidas para meio de cultura em placas de Petri, com três repetições. Para a comunidade de fungos foi utilizado o meio de Martin (Parkinson et al., 1971), nas diluições de 10<sup>-2</sup> e 10<sup>-3</sup>. Para *Pseudomonas* fluorescentes foi utilizado o meio de King (King et al., 1954) nas diluições de 10<sup>-2</sup> e 10<sup>-3</sup>. Os resultados estão expressos em unidades formadoras de colônias por grama de solo seco (UFC/g solo seco).

## Resultados e Discussão

Os valores de pH do solo variaram de 6,1 na testemunha a 5,2 na maior dose de lodo. Entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos e nem entre as épocas de coleta de solo (Tabela 3). Esta diminuição nos valores de pH do solo deve-se principalmente ao fato de que o lodo oriundo da ETE Barueri não utiliza cal durante o seu processamento. É importante observar que o pH do solo foi corrigido sempre que menor do que 5,5, sendo que para tanto foram utilizadas curvas de neutralização. A diminuição do pH deve-se, provavelmente, ao processo de nitrificação (Yan et al., 1996) onde o amônio é oxidado a nitrito e nitrato, com a produção líquida de dois íons H<sup>+</sup> e conseqüente redução do pH. Stamaatiadis et al. (1999) verificaram uma queda de 0,4 unidades no pH do solo que havia recebido lodo em relação ao solo controle. Os autores atribuíram esta queda ao processo de nitrificação do amônio.

Tabela 1. Características químicas do lodo de esgoto de Barueri (SP) aplicado em quatro épocas no solo.

Amostra		Primeiro plantio	Segundo plantio	Terceiro plantio	Quarto plantio
Atributo*	Unidade**				
Fósforo	g/kg	15,9	31,2	26,9	17,7
Potássio	g/kg	1,0	1,97	1,0	1,5
Sódio	g/kg	0,5	0,6	0,5	0,5
Arsênio	mg/kg	<1	<1	<1	<1
Cádmio	mg/kg	12,8	9,5	9,4	16,2
Chumbo	mg/kg	364,4	233	348,9	137,9
Cobre	mg/kg	1058	1046	953,0	682,8
Cromo total	mg/kg	823,8	1071	1297,2	609,3
Mercurio	mg/kg	<0,01	<1	<0,01	<0,01
Molibdênio	mg/kg	<0,01	<1	<0,01	<0,01
Níquel	mg/kg	518,4	483	605,8	331,3
Selênio	mg/kg	<0,01	<1	<0,01	<0,01
Zinco	mg/kg	2821	3335	3372	2328
Boro	mg/kg	36,2	11,2	29,3	10,7
Carbono orgânico	g/kg	248,2	271	292,9	354,2
pH		6,6	6,4	6,4	8,5
Umidade	%	66,4	80,2	71,2	79,5
Sólidos Voláteis	%	43,0		56,8	62,6
Nitrogênio Total***	g/kg	21,0	49,7	42,1	40,8
Enxofre	g/kg	13,4	10,8	17,1	11,7
Manganês	mg/kg	429,5	335	418,9	277,5
Ferro	mg/kg	54.181	32.500	37.990	39.058
Magnésio	g/kg	3,0	3,7	4,5	3,7
Alumínio	mg/kg	28.781	25.300	23.283	11.959
Cálcio	g/kg	40,3	22,8	47,8	20,1

\*Determinados de acordo EPA SW-846-3051 (1986), no IAC, Campinas, SP.

\*\*Os valores de concentração são dados com base na matéria seca.

\*\*\*Dados de umidade e N total foram determinados em amostra simples sob condições originais, na Embrapa Meio Ambiente.

Tabela 2. Descrição das quantidades de lodo de esgoto e de fertilizantes minerais aplicados nos diversos tratamentos.

Tratamento*	Lodo de esgoto (kg ha <sup>-1</sup> em base seca)				NPK (4.20.16) + Ureia em cobertura				KCl (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Cultivo				Cultivo				Cultivo			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
Testemunha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NPK	0	0	0	0	400-77	450 + 160	450 + 182	450 + 180	0	0	0	0
1N	8095	3955	5515	6157	0	0	0	0	5	47	65	57
2N	16190	7911	10631	12300	0	0	0	0	0	37	15	0
4N	32381	15821	21262	24628	0	0	0	0	0	6	0	0
8N	64762	31641	42524	49255	0	0	0	0	0	0	0	0

\*1N= dose de lodo de esgoto para fornecer a quantidade de N recomendado para a cultura; 2N, 4N e 8N = 2, 4 e 8 vezes a dose de lodo de esgoto recomendada

A condutividade elétrica nos tratamentos com lodo variou de 0,23 mS cm<sup>-1</sup>, na testemunha, a 1,95 mS cm<sup>-1</sup> na maior dose de lodo (Tabela 3). Em geral, houve diferença significativa na condutividade elétrica do solo entre as maiores doses de lodo aplicadas (4N e 8N) e os demais tratamentos. Mesmo os valores mais altos de condutividade elétrica, encontrados com a aplicação das maiores doses de lodo não atingiram valores que pudessem ser prejudiciais à cultura do milho. Resultados semelhantes foram observados por Carmo (2001) para solos que receberam lodos provenientes das ETEs de Barueri e de Franca, SP. Esse aumento na condutividade elétrica era esperado uma vez que um dos problemas já conhecidos que podem limitar a utilização desse tipo de resíduo, é a possibilidade de causar salinidade do solo (Carmo, 2001). Esse aumento da condutividade elétrica provavelmente foi devido ao aporte de N-NO<sub>3</sub>

Os valores de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) variaram de 0,230 a 1,101 mg FDA kg<sup>-1</sup> solo, na camada de 10-20 cm (Tabela 4). Em geral, os maiores valores de FDA foram obtidos na maior dose de lodo de esgoto. Quando comparado com a testemunha a maior dose de lodo apresentou aumento na atividade de FDA de 85% na camada 0-20 cm. A taxa de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) foi afetada de modo significativo mais pelo período de amostragem, do que pela incorporação de diferentes doses de lodo de esgoto no solo. Pelos resultados da Tabela 4, observa-se que a estimativa de FDA hidrolisado não apresentou uma tendência de resposta à aplicação de lodo de esgoto. Ou seja, essa medida, até o momento, não foi sensível o suficiente para expressar a atividade microbiana durante a decomposição do lodo no solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Fortes Neto (2000) e Pontes (2002) analisando amostras de solos tratadas com lodo de esgoto e lodo industrial.

**Tabela 3.** Variação do pH e da condutividade elétrica (mS cm<sup>-1</sup>) (CE) do solo, na camada de 0-20 cm, em função da aplicação de lodo de esgoto, após diferentes épocas de coletas.

Tratamento	Outubro de 2000		Março de 2001		Outubro de 2001		Novembro de 2001		Março de 2002	
	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
Test.	6,0	0,52bA <sup>(1)</sup>	6,1	0,23bB	5,8	0,49bA	5,8	0,49bA	5,6	0,23cB
NPK	5,9	0,41bA	5,8	0,31bA	5,7	0,47bA	5,7	0,47bA	5,5	0,26cA
1N <sup>(2)</sup>	5,9	0,58bcA	5,8	0,41bB	5,5	0,29cA	5,5	0,28bA	5,3	0,59cbA
2N	5,8	0,79bB	5,5	0,63bB	5,7	0,49bB	5,7	0,49bB	5,9	1,10bA
4N	5,7	1,02aAB	5,6	0,88 <sup>a</sup> B	5,5	0,91aAB	5,5	0,91aB	5,8	1,73aA
8N	5,2	1,95aA	5,3	1,81 <sup>a</sup> A	5,5	0,99aB	5,5	0,99aB	5,4	2,10aA

(1) Médias seguidas de mesma letra, minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha, dentro de cada atributo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

(2) 1N = dose de lodo de esgoto para fornecer a quantidade de N recomendado para a cultura; 2N, 4N e 8N = 2, 4 e 8 vezes a dose de lodo de esgoto recomendada

**Tabela 4.** Atividade de diacetato de fluoresceína (FDA) do solo, na camada de 0-20 cm, nos diferentes tratamentos, em diversas épocas de coleta.

Tratamento	Outubro de 2000	Março de 2001	Outubro de 2001	Novembro de 2001	Março de 2002
	mg FDA kg <sup>-1</sup> solo				
Testemunha	0,321 bC <sup>(1)</sup>	0,230 cD	0,371 Bb	0,715 cA	0,708 bA
NPK	0,462 abD	0,590 abD	0,890 abA	0,744 cC	0,800 aB
1N <sup>(2)</sup>	0,390 abD	0,771 abC	0,851 abB	0,823 bAB	0,880 aA
2N	0,564 abE	0,711 abD	0,960 abA	0,824 bC	0,890 aB
4N	0,360 abD	0,453 bC	0,825 bB	0,852 bB	0,966 aA
8N	0,610 aD	0,699 aC	1,097 aA	1,101 aA	0,889 aB

(1) Médias seguidas de mesma letra, minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha, dentro de cada atributo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

(2) 1N = dose de lodo de esgoto para fornecer a quantidade de N recomendado para a cultura; 2N, 4N e 8N = 2, 4 e 8 vezes a dose de lodo de esgoto recomendada

De modo geral, com a aplicação de lodo de esgoto houve uma tendência de aumento nas comunidades de *Bacillus*, *Pseudomonas* fluorescentes e fungos. Entretanto, devido ao elevado valor do coeficiente de variação, não houve diferença estatisticamente significativa para as comunidades de *Bacillus* e *Pseudomonas* fluorescentes, ocorrendo diferenças apenas para a comunidade de fungos (Tabela 5). Os menores valores de UFC/g solo seco para *Bacillus*, *Pseudomonas* e fungos foram obtidos no tratamento testemunha. Esses resultados não permitem conclusão sobre as alterações na diversidade de microrganismos existentes. Uma observação importante é a tendência de aumento da comunidade microbiana nas últimas avaliações, indicando uma adaptação dos microrganismos às alterações causadas pelo lodo de esgoto.

A ausência de efeitos prejudiciais sobre os microrganismos também foi observada por Hattori (1992), Jahnel (1997) e Fortes Neto (2000), que estudaram o efeito de metais pesados sobre a decomposição da matéria orgânica e sobre a microbiota do solo, observando aumento no número de fungos em amostra de solo tratado com diferentes doses de lodo de esgoto.

## Conclusões

1) Os efeitos do lodo de esgoto sem tratamento com calcário sobre o pH e a condutividade elétrica são negativamente e positivamente correlacionados com as doses aplicadas, respectivamente.

2) A atividade de hidrólise de diacetato de fluoresceína foi proporcional às doses de lodo de esgoto.

3) O lodo de esgoto aumentou significativamente a comunidade de fungos no solo. Para as comunidades de *Bacillus* e *Pseudomonas* fluorescentes, apesar de aumentarem com as doses de lodo, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos.

**Tabela 5.** Comunidades de *Bacillus*, *Pseudomonas* fluorescentes e fungos, na camada 0-20 cm de profundidade, em função da aplicação de lodo de esgoto, após diferentes épocas de coletas.

Tratamento	Outubro de 2000	Março de 2001	Outubro de 2001	Novembro de 2001	Março de 2002
UFC (Unidade Formadora de Colônia)/g de solo seco					
<i>Bacillus</i> ( $10^5$ )					
Testemunha	4,8	6,9	9,9	8,9	10,9
NPK	6,2	8,1	13,2	12,8	12,7
1N	6,2	8,6	11,1	11,4	17,2
2N	6,0	8,5	12,0	12,0	17,6
4N	4,9	7,8	13,9	15,3	19,1
8N	5,4	8,6	17,5	16,7	22,2
<i>Pseudomonas</i> fluorescentes ( $10^2$ )					
Testemunha	0,4	0	0	0	3,2
NPK	1,2	0	0	0	7,5
1N	2,3	0,3	114,8	45	19,7
2N	13,5	0,8	55,5	372	81,0
4N	2,6	1,3	145,0	398	186,7
8N	0,2	0,9	148,7	342	51,8
<i>Fungos</i> ( $10^4$ )					
Testemunha	4,8bB	0,8bC	1,0aC	6,9bA	6,8bA
NPK	4,6bC	0,9bD	1,6aD	10,5abA	6,7bB
1N	5,6bB	1,1bC	1,6aC	12,3aA	11,0aA
2N	6,4bC	2,1bD	1,7aD	15,6aA	12,2aB
4N	8,9abB	3,9aC	1,7aD	15,6aA	17,1aA
8N	16,1aA	3,5aB	1,9aC	15,5aA	16,3aA

(1) Médias seguidas de mesma letra, minúscula na mesma coluna e maiúscula na mesma linha, dentro de cada atributo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

(2) 1N = dose de lodo de esgoto para fornecer a quantidade de N recomendado para a cultura; 2N, 4N e 8N = 2, 4 e 8 vezes a dose de lodo de esgoto recomendada



## Referências

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quociente (qCO<sub>2</sub> and Dq) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 251-255, 1990.

BAATH, E. Effects of heavy metals in soil on microbial process and population (a review). **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 47, p. 335-379, 1989.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, v.19, p. 269-279, 1995.

BROOKES, P.C.; MCGRATH, S.P. Effects of metal toxicity on the size of the soil microbial biomass. **Journal of Soil Science**, v. 35, p. 341-346, 1984.

CARMO, J. B. **Impacto da aplicação de biossólidos na atividade microbiana do solo**. 2001. 105p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v. 78, p. 1447-1450, 1988.

DICK, R.P. Soil enzyme assays as indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.L.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 107-124. (Soil Science Society of America Special Publication, 35).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 1v.

FORTES NETO, P. **Degradação de biossólido incorporado ao solo avaliada através de medidas microbiológicas**. 2000. 113p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

GHINI, R.; MENDES, M.D.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, v. 24, p. 239-242, 1999.

GILLER, K.E.; WITTER, E.; MCGRATH, S.P. Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial process in agricultural soils: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 1389-1414, 1998.

HATTORI, H. Influence of heavy metals on soil activities. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 38, p. 93-100, 1992.

JAHNEL, M.C. **Método de plaqueamento por gotas e outros parâmetros microbiológicos na avaliação da degradação de lodo ativado de curtume em solos**. 1997. 79p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KING, E.O.; WARD, M.K.; RANEY, D.E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 44, p.301-307, 1954.

MELO, W.J. de; MARQUES, O.M.; MELO, V.P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Ed.). **Biossólido na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. Cap. 11, p. 289-363.

PARKINSON, D.; GRAY, T.R.G.; WILLIAMS, S.T. **Methods for studying the ecology of soil microorganisms**. Oxford: Adlard, 1971. p. 116.

PONTES, W.L. **Mineralização de um biossólido industrial no solo e efeito desse na biomassa e atividade microbiana**. 2002. 73p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

### Comunicado Técnico, 24



Embrapa Meio Ambiente  
Endereço: Rodovia SP-340 - Km 127,5  
Tanquinho Velho - Caixa Postal 69  
Cep.13820-000 - Jaguariúna, SP  
Fone: (19) 3867-8700  
Fax: (19) 3867-8740  
E-mail: sac@cnpmma.embrapa.br

### Comitê de publicações

Presidente : Geraldo Stachetti Rodrigues  
Secretário-Executivo : Maria Amélia de Toledo Leme  
Secretário: Sandro Freitas Nunes  
Membros: Marcelo A. Boechat Morandi, Maria Lúcia Saito,  
José Maria Guzman, Manoel Dornelas de Souza,  
Heloisa F. Filizola, Cláudio C. de A. Buschinelli

### Expediente

Normalização Bibliográfica: Maria Amélia de Toledo Leme  
Editoração eletrônica: Alexandre R. Concelção